

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **130 071** (13) U1

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
(51) МПК  
[G01K 7/02 \(2006.01\)](#)

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: не действует (последнее изменение статуса: 08.08.2016)  
Пошлина: учтена за 1 год с 01.08.2012 по 01.08.2013

(21)(22) Заявка: [2012133127/28](#), 01.08.2012(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**01.08.2012**

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **01.08.2012**(45) Опубликовано: [10.07.2013](#) Бюл. № 19

Адрес для переписки:

**620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,  
Центр интеллектуальной собственности,  
Т.В. Маркс**

(72) Автор(ы):

**Лисенко Владимир Георгиевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н.  
Ельцина" (RU)**

(54) УСТРОЙСТВО НЕПРЕРЫВНОГО КОРРЕКТИРУЕМОГО АКУСТИЧЕСКОГО  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ РАСПЛАВА

## (57) Реферат:

Полезная модель относится к области измерений температур в расплавах, в частности, в металлургии, химии, машиностроении. Устройство корректируемого непрерывного акустического определения температуры расплава включает объект, содержащий расплав и реагирующую с расплавом струю газа, истекающего из сопла, волновод звуковых колебаний, датчик частоты звуковых колебаний, спектрометр определения частоты звуковых колебаний, датчик расхода кислорода, отличающийся тем, что оно дополнительно снабжено блоком определения температуры расплава, контрольным датчиком температуры расплава, блоком определения настроечного температурного коэффициента при определении температуры расплава, блоком времени необходимого контроля температуры расплава, блоком определения разницы между температурой расплава  $T_p$  и температурой контрольного датчика температуры расплава  $T_{\phi}$   $\Delta T = T_{\phi} - T_p$ , блоком оценки величины разницы температур  $\Delta T$ , при этом выход блока времени необходимого контроля температуры расплава и выход датчика расхода кислорода соединен с контрольным датчиком температуры расплава, выходы блока определения температуры расплава и контрольного датчика температуры расплава соединены с входом блока определения разницы температур между температурой расплава и температурой контрольного датчика температуры расплава, выход блока определения разницы температур между температурой расплава и температурой контрольного датчика соединен с блоком оценки величины разницы температур, выходы блока оценки величины разницы температур расплава и контрольного датчика температуры расплава соединены с входом блока определения настроечного температурного коэффициента. Применение системы корректируемого

непрерывного акустического определения температуры расплава обеспечивает увеличение надежности и точности определения температуры расплава при изменяемых условиях протекания процессов плавки и непрерывном по ходу плавки режиме функционирования.

Полезная модель относится к области измерений температур в расплавах, в частности, в металлургии, химии, машиностроении.

Известно устройство непрерывного бесконтактного измерения температуры при истечении сверхзвуковых струй с помощью измерения частоты основного дискретного тона акустического излучения [1]. При этом используется датчик частоты звуковых колебаний - микрофон и частотный спектрометр, а температура определяется из уравнения

$$F = \frac{\sqrt{\kappa R T}}{2(1.05 \cdot \sqrt{n} - 1) \cdot d_a \sqrt{\kappa(M_a^2 - 1)}} \quad (1)$$

где  $T$  - температура, К;  $F$  - частота основного дискретного тона;  $\kappa$  и  $R$  - показатель адиабаты и газовая постоянная;  $d_a$  - диаметр выходного сечения сопла;  $n$  - показатель нерасчетности струи;  $M_a$  - число Маха на выходе из сопла.

Однако недостатком этого устройства в применении к струям, истекающим непосредственно в расплав жидкости, является неучет возможных отражений звуковых волн от поверхности жидкости и их затухания при проникновении через слой жидкости и стенки ограждающих расплав поверхностей. Кроме того, в сложных условиях взаимодействия сверхзвуковых струй с расплавом показатели нерасчетности струи и режимы сверхзвукового истечения могут изменяться, что приводит к неопределенности величин  $n$  и  $M_a$  в формуле (1).

Известно также устройство измерения температуры расплавов путем использования датчика звуковых колебаний и измерения частоты звуковых колебаний максимальной интенсивности [2]. Однако недостатком этого устройства является то, что при его применении используется ряд эмпирических зависимостей, полученных также в условиях свободного истечения струй.

Таким образом, известно устройство непрерывного бесконтактного измерения температуры при истечении сверхзвуковых струй с использованием датчика звуковых колебаний для измерения частоты основного дискретного тона акустического излучения, принятое за прототип [1]. Однако недостатком этого устройства в применении к струям, истекающим в расплав, является неучет отражений звуковых волн от поверхности расплава и их затухания при проникновении через слой жидкости и стенки ограждающих расплав поверхностей. Кроме того, в сложных условиях проникновения сверхзвуковых струй в расплав параметры, представленные в расчетной формуле для определения температуры, могут изменяться, что приводит к их неопределенности при оценке температуры и соответствующим погрешностям ее определения.

Технической задачей настоящей полезной модели является повышение точности и надежности измерения температуры расплава в непрерывном по ходу плавки режиме функционирования.

Эта задача решается следующим образом.

Устройство корректируемого непрерывного акустического определения температуры расплава включает объект, содержащий расплав и реагирующую с расплавом струю газа, истекающего из сопла, волновод звуковых колебаний, датчик частоты звуковых колебаний, спектрометр определения частоты звуковых колебаний, датчик расхода кислорода, отличается тем, что оно дополнительно снабжено блоком определения температуры расплава, контрольным датчиком температуры расплава, блоком определения настроенного температурного коэффициента при определении температуры расплава, блоком времени необходимого контроля температуры, блоком определения разницы между температурой расплава  $T_p$  и температурой контрольного датчика температуры расплава  $T_\phi$   $\Delta T = T_\phi - T_p$ , блоком оценки величины разницы температур  $\Delta T$ , при этом выход блока времени необходимого контроля температуры и выход датчика расхода кислорода соединен с контрольным датчиком температуры расплава, выходы блока определения температуры расплава и контрольного датчика температуры расплава соединены с входом блока определения разницы температур между температурой расплава и температурой контрольного датчика температуры расплава, выход блока определения разницы температур между температурой расплава и температурой контрольного датчика температуры расплава соединен с блоком оценки величины разницы температур, выходы блока оценки величины разницы температур расплава и

контрольного датчика температуры расплава соединены с входом блока определения настроечного температурного коэффициента.

Таким образом, предлагаемое устройство предусматривает использование возможностей определения температуры расплава с использованием рекомендаций [1], однако в нем дополнительно предусмотрено применение блоков, реализующих корректировку основных параметров расчетной зависимости (1) в темпе с процессом формирования расплава.

При этом в блоке определения настроечного температурного коэффициента определение этого коэффициента  $Z_{\text{кор}}$  приводится по формуле

$$Z_{\text{кор}} = \frac{\sqrt{T_{\phi}}}{F},$$

где  $T_{\phi}$  - температура контрольного датчика температуры расплава;

$F$  - частота звуковых колебаний,

а температура расплава в непрерывном режиме определяется по формуле

$$T = (FZ_{\text{кор}})^2.$$

Эти соотношения следуют из того, что в соответствии с формулой (1) значение температуры  $T$  в функции частоты акустических колебаний  $F$  представлено в виде

$$T = F^2 \frac{[2(1,05\sqrt{n} - 0,1)d_a \sqrt{\kappa(M_a^2 - 1)}]^2}{\kappa R}. \quad (2)$$

В связи с большой неопределенностью, содержащейся в величинах второго сомножителя правой части формулы (2) применительно к условиям определения температуры расплава  $T$ , формула (2) представлена в виде

$$T = F^2 Z_{\text{кор}}^2 = (FZ_{\text{кор}})^2. \quad (3)$$

где  $Z$  - настроечный температурный коэффициент для определения температуры расплава.

При этом в качестве контрольного датчика определения температуры расплава может быть использована термопара погружения или другие способы определения температуры расплава [3, 4]. Однако, например, применение термопар погружения носит разовый характер и не может обеспечить непрерывность контроля температуры расплава. Поэтому в предлагаемой полезной модели использование контрольного датчика температуры расплава носит разовый эпизодический характер и предназначено для эпизодического контроля температуры расплава с целью корректировки основных эмпирических параметров, определяющей непрерывное измерение температуры расплава с использованием частоты акустических колебаний, представленных формулой (3). Использование контрольного датчика температуры расплава обеспечивается при наличии зафиксированного датчиком расхода фактической подачи кислорода через сопла в расплав перед проведением контрольного измерения температуры расплава.

Время контрольных замеров устанавливается операторами в зависимости от смены условий протекания процесса плавки (марка стали, состав шихтовых материалов, подача присадок в процессе плавки, процент кислорода в кислородном дутье). Сравнение показаний контрольного контактного датчика и температуры расплава, определяемой по формуле (3), проводится в соответствующем блоке сравнения. Возникающая при этом разница температур  $\Delta T$  проходит оценку в блоке оценки этой разницы. Если величина этой разницы превосходит значение, оцениваемой классом точности  $K$  определения температуры контрольным датчиком (например,  $K=0,5$ ), то из блока оценки разницы температур подается команда на новую оценку настроечного температурного коэффициента  $Z_p$ , который в этом случае, в соответствии с формулой (3) определяется по выражению

$$Z_{\text{кор}} = \frac{\sqrt{T_{\phi}}}{F}, \quad (4)$$

где  $T_{\phi}$  - температура, фиксируемая контрольным датчиком.

В дальнейшем это значение  $Z_{\text{кор}}$  используется для определения температуры расплава  $T$  в непрерывном режиме по данным частоты акустических колебаний  $F$  по формуле (3).

Указанная корректировка температуры расплава проводится в соответствии со временем необходимого контроля температур, определяемым соответствующим

блоком системы по представлению оператора.

Реализация предлагаемой системы представлена на рис.1. Система включает объект получения и обработки расплава 1 с подачей струй, истекающего из сопла, волновод 2, датчик частоты звуковых колебаний -микрофон с частотным спектрометром 3, блок определения температуры расплава 4, блок определения настроечного температурного коэффициента 5, контрольный датчик температуры расплава 6, датчик расхода газа 7, блок времени необходимого контроля температуры 8, блок определения разницы температур между температурой расплава и температурой контрольного датчика  $\Delta T$  9, блок оценки величины разницы температур  $\Delta T$  10.

Полезная модель работает следующим образом. В объекте 1 в процессе получения и обработки расплава подаваемые в расплав струи газа через сопло формируют звуковые колебания, частотой  $F$ , подаваемые через волновод 2 в датчик частоты звуковых колебаний - микрофон и частотный спектрометр 3.

В блоке 4 с использованием частоты звуковых колебаний, определяемой датчиком частоты звуковых колебаний, рассчитывается температура расплава по формуле (3).

В блоке 8 задается время определения температуры расплава с использованием контрольного датчика 6, при этом датчик расхода газа 7 подтверждает наличие подачи газа в расплав перед проведением контрольного определения температуры расплава. В блоке 9 температура расплава, определяемая в блоке 4 и температура расплава, определяемая контрольным датчиком температуры 6 сравниваются и определяется соответствующая разница температур  $\Delta T$ . Эта разница оценивается в блоке 10, и в случае, если величина  $\Delta T$  превышает метрологическую погрешность, определяемую классом точности контрольного датчика температуры расплава, в блоке 5 проводится определение настроечного температурного коэффициента с использованием значения температуры, определяемой контрольным датчиком по формуле (4).

Эта величина настроечного температурного коэффициента используется наряду с определяемой частотой акустических колебаний для непрерывной оценки температуры расплава в блоке 4 по формуле (3).

При необходимости дополнительного определения температуры расплава, устанавливаемой блоком 8, последовательность данного определения повторяется.

Пример реализации системы.

В кислородном конвертере 1 (см. рис.1) осуществляется продувка кислородом чугуна для получения стали. При этом в определенный момент времени датчиком и спектрометром 3 зафиксирована частота звуковых колебаний максимальной интенсивности  $F=1000$  Гц.

В блоке 5 с использованием данных блоков 9 и 10 была оценена величина настроечного температурного коэффициента  $Z_p=0,0433$ .

При этом в блоке 4 температура расплава с использованием формулы (3) оценена равной

$$T=(F Z_p)^2=(1000 \cdot 0,0433)^2=1873 \text{ K}=1600^\circ\text{C}.$$

В блоках 7 и 8 при этом даны рекомендации по использованию контрольного датчика температуры расплава 6, который зафиксировал разовую температуру расплава  $T_\phi=1630^\circ\text{C}=1903 \text{ K}$ .

В блоке 9 с использованием данных блоков 4 и датчика 6 проведено определение разницы температур

$$\Delta T=T_\phi-T=1630-1600=30^\circ\text{C}.$$

В блоке 10 эта величина  $\Delta T$  сравнена с метрологической погрешностью термодпары ПР 30/6 - при классе точности 0,5 и максимальной температуре ( $1700^\circ\text{C}$ ) эта метрологическая погрешность составит  $\delta$

$$T = \frac{(1700 - 0) \cdot 0,5}{100} = 8,5^\circ\text{C}, \text{ что меньше}$$

определенной разницы температур  $\Delta T=30^\circ\text{C}$ . В этом случае величина настроечного температурного коэффициента определяется в блоке 5 по формуле (4)

$$Z_{\text{кор}} = \frac{\sqrt{1903}}{1000} = 0,0436$$

Эта новая величина  $Z_{\text{кор}}$  используется для скорректированного непрерывного определения температуры расплава в блоке 4.

Например, при непрерывно определяемой датчиком частоте в определенный момент времени равной  $F=980$  Гц скорректированная температура расплава, оцененная в блоке 4, будет по формуле (3) равна

$$T=(980 \cdot 0,0436)^2=1825 \text{ K}=1552^\circ\text{C}.$$

Дальнейшая корректировка величины  $Z_{\text{кор}}$  проводится в соответствии с рекомендациями, вырабатываемыми в блоках 7-9 системы.

Применение системы корректируемого непрерывного акустического определения температуры расплава обеспечивает увеличение надежности и точности определения температуры расплава при изменяемых условиях протекания процессов плавки и непрерывном по ходу плавки режиме функционирования.

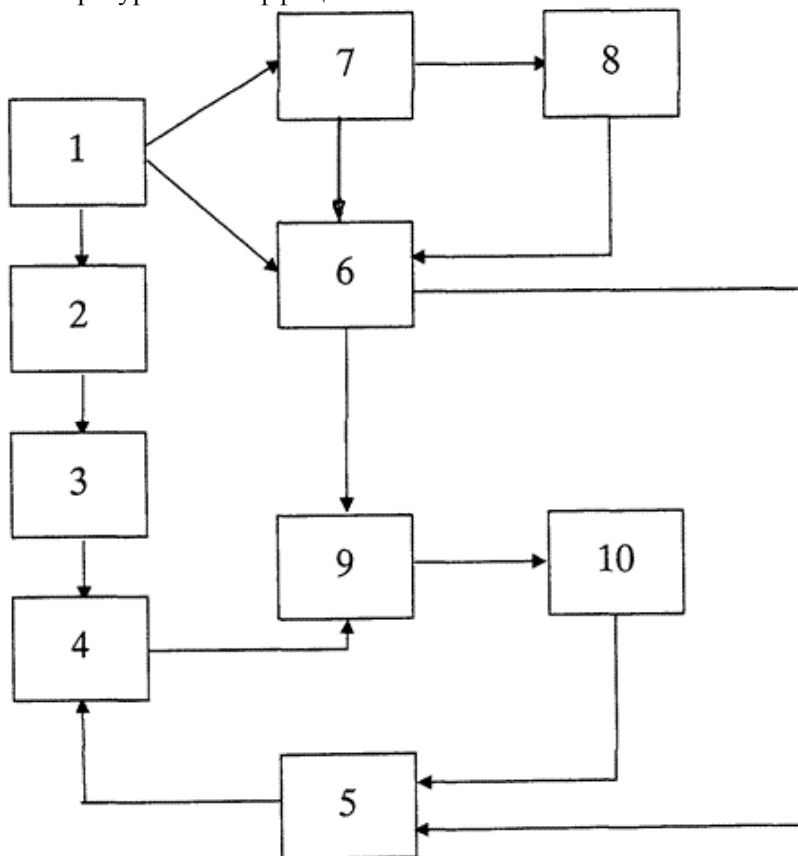
#### ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. Анчуков А.В., Пимштейн В.Г. Об изучении дискретного тона сверхзвуковой струей, истекающей из конического сопла // Изв. АН СССР. Механика жидкостей и газа, 1975, №1. - С.153-156.
2. Шлик О.Э., Нещерет П.А., Лисиенко В.Г., Шлик А.В., Шлик А.О. Способ определения температуры жидкости. Патент РФ №2006007, Оpubл. 1994,01.15.
3. Глинков Г.М., Маковский В.А. АСУ технологическими процессами в агломерационных и сталеплавильных цехах. Учебник для вузов. - М.: Металлургия, 1981. - 360 с.
4. Беленький А.М., Дубинский М.Ю., Ладыгичев М.Г., Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М. Измерение температуры: теория, практика, эксперимент. Справочное издание. В 3-х томах. Т.2. Измерение температуры в промышленности и энергетике / Под ред. А.М. Беленького и В.Г. Лисиенко. - М.: Теплотехник, 2007. - 736 с.

#### Формула полезной модели

Устройство корректируемого непрерывного акустического определения температуры расплава включает объект, содержащий расплав и реагирующую с расплавом струю газа, истекающего из сопла, волновод звуковых колебаний, датчик частоты звуковых колебаний, спектрометр определения частоты звуковых колебаний, датчик расхода кислорода, отличающееся тем, что оно дополнительно снабжено блоком определения температуры расплава, контрольным датчиком температуры расплава, блоком определения настроенного температурного коэффициента при определении температуры расплава, блоком времени необходимого контроля температуры расплава, блоком определения разницы между температурой расплава  $T_p$  и температурой контрольного датчика температуры расплава  $T_\phi$   $\Delta T = T_\phi - T_p$ , блоком оценки величины разницы температур  $\Delta T$ , при этом выход блока времени необходимого контроля температуры расплава и выход датчика расхода кислорода соединены с контрольным датчиком температуры расплава, выходы блока определения температуры расплава и контрольного датчика температуры расплава соединены с входом блока определения разницы температур между температурой расплава и температурой контрольного датчика температуры расплава, выход блока определения разницы температур между температурой расплава и температурой контрольного датчика соединен с блоком оценки величины разницы температур, выходы блока оценки величины разницы температур расплава и контрольного датчика температуры расплава соединены с входом блока определения настроенного

температурного коэффициента.



### ФАКСИМИЛЬНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

**Реферат:**



**Описание:**



**Рисунки:**



### ИЗВЕЩЕНИЯ

**ММ1К Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

Дата прекращения действия патента: **02.08.2013**

Дата публикации: [10.06.2014](#)

